

Pengaruh Temperatur *Solution Treatment* dan *Aging* terhadap Fasa Dan Kekerasan *Copperized-AISI 1006*

Widia Anggia Vicky, Sutarsis, dan Hariyati Purwaningsih

Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: sutarsis@mat-eng.its.ac.id

Abstrak — Sebagai salah satu unsur paduan yang digunakan pada baja karbon rendah, tembaga dapat meningkatkan kekuatan tanpa menurunkan keuletan secara signifikan. Tembaga meningkatkan kekuatan pada baja dengan mekanisme penguatan secara *precipitation hardening*. Dalam penelitian ini dilakukan pemaduan tembaga dan baja AISI 1006 dengan mencelupkan baja AISI 1006 yang telah di-*pre-heat* ke dalam tembaga cair. Selanjutnya dilakukan *precipitation hardening* dengan variasi pada temperatur *solution treatment* dan *aging*. Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa temperatur *solution treatment* tidak mempengaruhi fasa yang terbentuk pada *copperized-AISI 1006*, yaitu tetap berupa α -ferit. Selain itu kenaikan dari temperatur *solution treatment* berbanding terbalik dengan nilai kekerasan dan temperatur *aging* 450°C menghasilkan kekerasan tertinggi dibanding temperatur *aging* yang lain, yaitu 119, 47 VHN dan 115,75 VHN untuk sampel yang sebelumnya di-*solution treatment* 800 dan 900°C.

Kata Kunci— *copperizing*, *solution treatment*, *aging*, AISI 1006, fasa, kekerasan, *precipitation hardening*

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini tembaga menjadi salah satu material yang berkembang pesat dan banyak digunakan sebagai logam berat non-ferrous^[1]. Tembaga banyak digunakan karena memiliki konduktivitas listrik dan panas yang baik, ketahanan korosi yang baik, mudah difabrikasi, serta memiliki kekuatan dan ketahanan fatigue yang baik^[2]. Pada umumnya tembaga dipadukan dengan timah, sehingga didapat paduan yang kita kenal dengan sebutan perunggu. Selain itu tembaga juga sering dipadukan dengan seng untuk menghasilkan kuningan. Keuntungan dari paduan-paduan ini akan meningkatkan sifat mekanik dari tembaga itu sendiri. Namun, selain dengan kedua unsur diatas tembaga juga dipadukan dengan baja

selaku logam yang umum penggunaannya. Penggunaan tembaga dalam pemaduan ini dapat meningkatkan kekuatan, namun mempertahankan keuletannya, berbeda dengan karbida dan nitrida^[3].

Penurunan keuletan pada baja ini umumnya terjadi pada metode pengerasan yang biasa dilakukan, yaitu penambahan karbon (carburising) atau pun penambahan nitrogen (nitriding)^[4]. Akan tetapi, dengan penambahan unsur tembaga di dalam baja sebagai paduan akan menurunkan sifat mekaniknya apabila kadarnya tidak dikontrol^[5].

Pada penelitian ini akan dilakukan metode pemaduan baja dengan tembaga dengan mengadopsi metode hot-dip coating, yakni dengan mencelupkan baja yang telah di-*pre-heat* ke dalam tembaga cair. Metode ini selanjutnya akan disebut dengan *copperizing*. *Copperizing* sendiri sudah pernah dilakukan oleh Isori^[6] dan Kevin^[7]. Setelah proses *copperizing* akan dilanjutkan dengan *precipitation hardening* yang terdiri dari *solution treatment* dan *aging*. Pengaruh dari variasi temperatur *solution treatment* dan *aging* terhadap fasa dan kekerasan *copperized-AISI 1006* akan dianalisis lebih lanjut dengan berbagai pengujian.

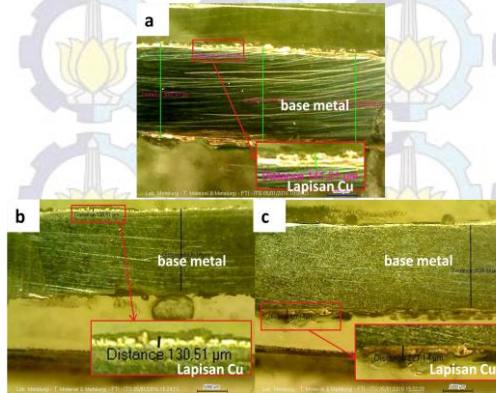
II. METODOLOGI

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah AISI 1006 dengan komposisi yang dicantumkan pada tabel 1. Baja AISI 1006 yang berupa plat disiapkan menjadi beberapa spesimen dengan dimensi panjang rata-rata 70mm. Tembaga yang dipakai memiliki kemurnian 99,9%. *Copperizing* dilakukan dengan menggunakan *muffle furnace*. Sampel baja yang telah di-*pre-heat* dicelupkan ke dalam tembaga cair selama 5 menit dan diikuti dengan pendinginan dengan media udara. *Copperized-AISI 1006* dipanaskan kembali dengan variasi temperatur *solution treatment* 800 dan 900°C. Kemudian masing-masing sampel *solution treatment* di-*aging*

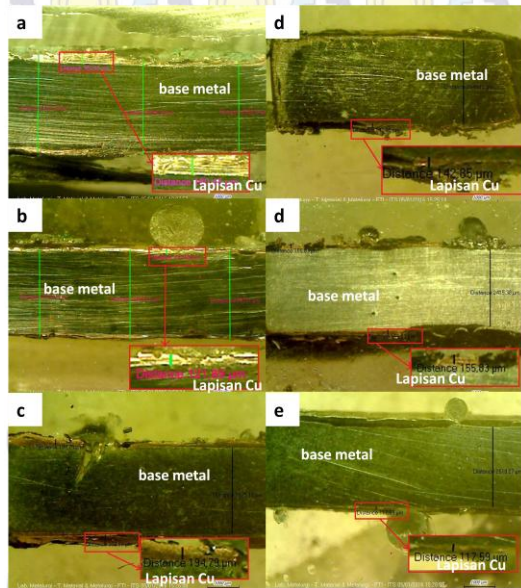
dengan variasi temperatur 400, 450, dan 500°C. Selanjutnya dilakukan pengamatan makro, pengujian spektroskopi, XRD, dan uji kekerasan.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Pengamatan Makro



Gambar 1. Penampang Melintang (a) *Copperized*-AISI 1006, (b) *Solution Treatment* 900°C, dan (c) *Solution treatment* 800°C



Gambar 2. Penampang Melintang Sampel *Solution Treatment* 800°C dengan *Aging* (a) 400°C, (b) 450°C, (c) 500°C, dan *Solution Treatment* 900°C dengan *Aging* (d) 400°C, (e) 450°C, dan (f) 500°C

Dari Gambar 1 terlihat adanya lapisan tembaga yang terdapat pada bagian permukaan baja setelah di-*copperizing*. Hal tersebut terjadi karena adanya tembaga yang belum terdifusi ke dalam baja ketika sampel diangkat dari tembaga cair, sehingga tembaga membentuk lapisan pada permukaan sampel.

Lapisan tembaga juga masih terlihat pada permukaan sampel setelah di-*solution treatment*. Adanya lapisan tembaga juga masih nampak pada sampel setelah dilakukan proses *aging* seperti pada Gambar 2. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pemanasan yang terjadi selama *solution treatment* dan

aging belum mampu mendifusikan tembaga yang ada di permukaan baja setelah *copperizing*. Dari gambar terlihat adanya lapisan tembaga dengan berbagai ketebalan yang tidak membentuk hubungan dengan temperatur *solution treatment* dan *aging* yang dilakukan.

B. Pengujian Komposisi Kimia

Tabel 1. Komposisi Sampel Sebelum dan Sesudah *Copperizing*

	Komposisi, %					
	Fe	C	Mn	Cu	P	S
AISI 1006	99,5	0,0358	0,210	0,0375	0,0091	0,008
Copperized-AISI 1006	99,4	0,0721	0,218	0,0860	0,0142	0,009

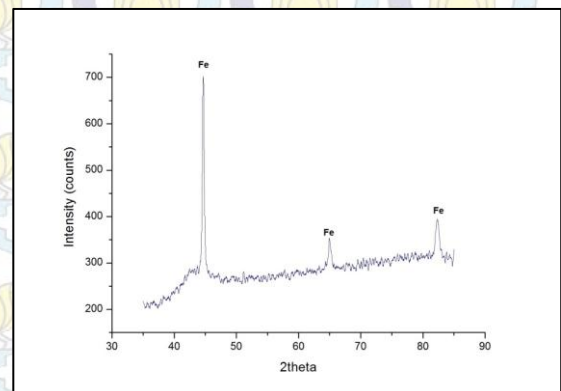
Tabel 1 menunjukkan komposisi unsur-unsur pada baja AISI 1006 sebelum dan sesudah dilakukan proses *copperizing*. Dari hasil pengujian diperoleh kenaikan kadar Cu (tembaga) pada baja, dimana sebelum di-*copperizing* kadar tembaga 0,0375% dan setelah di-*copperizing* menjadi 0,0860%. Hal tersebut menunjukkan terjadinya penambahan kadar tembaga ke dalam baja AISI 1006 sebanyak 0,0485 %.

C. Pengujian X-Ray Diffraction

Pengujian XRD dilakukan pada baja AISI 1006 tanpa perlakuan, sampel *copperizing*, *solution treatment*, dan *aging*. Pengukuran difraksi sinar-X dilakukan dengan rentang sudut 10-90° dan menggunakan panjang gelombang Cu-K α 1.54060Å. Dari hasil XRD diperoleh *peak-peak* dengan intensitas tertentu. *Peak-peak* yang memiliki intensitas tertinggi dicocokkan dengan kartu PDF untuk mengetahui fasa atau senyawa apa yang terdapat pada sampel.

• Hasil Pengujian XRD baja AISI 1006

Gambar 3 menunjukkan grafik hasil XRD baja AISI 1006. Dari hasil analisis menunjukkan adanya kecocokan antara hasil XRD dengan kartu PDF 87-0721 dan didapatkan bahwa ketiga *peak* tertingginya milik fasa Fe- α . Selain itu mengacu pada diagram fasa Fe-Fe₃C, baja dengan kadar karbon 0,0375% memang memiliki fasa yang dominan berupa Fe- α pada temperatur kamar.

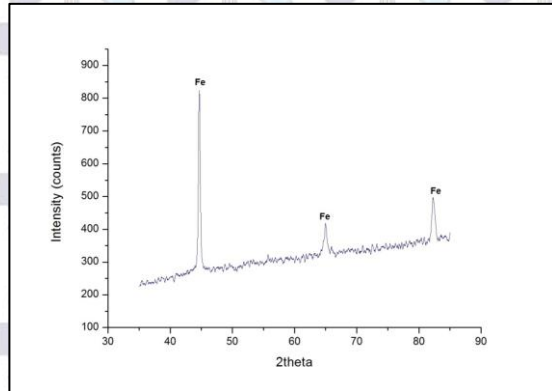


Gambar 3. Grafik Hasil XRD Baja AISI 1006

Peak tertinggi terdapat pada $2\theta = 44,6563^\circ$ dengan *peak height* sebesar 487,49 cts. Untuk *peak* tertinggi kedua dengan *peak height* 73,89 cts terletak pada $2\theta = 82,3476^\circ$ dan *peak* tertinggi ketiga memiliki *peak height* 68,47 cts pada $2\theta = 64,9553^\circ$.

• Hasil Pengujian XRD Copperized-AISI 1006

Hasil pengujian XRD untuk sampel *copperized*-AISI 1006 dapat dilihat pada Gambar 4. Nilai 2θ dari *peak-peak* tertinggi terdapat pada daerah yang sama dengan 2θ dari baja AISI 1006. *Peak* tertinggi terletak pada $2\theta = 44,6594^\circ$ dengan *peak height* 585,4 cts. *Peak* tertinggi kedua dan ketiga terletak pada $2\theta = 82,2498^\circ$ dan $64,9733^\circ$ dengan *peak height* 124,98 cts dan 92,37 cts. *Peak-peak* tersebut juga memiliki kecocokan dengan kartu PDF 87-0721 dan merupakan *peak* milik Fe- α . Hasil analisis tersebut sesuai dengan diagram fasa Fe-Cu, dimana fasa yang dimiliki oleh paduan Fe-Cu dengan kadar tembaga yang sangat rendah berupa Fe- α .



Gambar 4. Grafik Hasil XRD Coperrized-AISI 1006

Dari Tabel 2 tampak adanya perubahan besarnya FWHM (*full width at half maximum*) pada intensitas tertinggi dari sampel sebelum dan sesudah di-*copperizing*. Perubahan nilai FWHM menunjukkan adanya *peak broadening* atau pelebaran puncak dan dapat digunakan untuk menghitung besarnya *microstrain*. Dari Tabel 2 terlihat adanya kenaikan nilai *microstrain* dari baja AISI 1006 ke *copperized*-AISI 1006. Hal tersebut mengindikasikan adanya unsur paduan (Cu) yang terlarut ke dalam Fe- α setelah baja di-*copperizing*. Hal tersebut juga sesuai dengan hasil uji spektroskopi yang menunjukkan kenaikan kadar Cu setelah *copperizing*.

Tabel 2. Hasil XRD Baja AISI 1006 dan *Copperized*-AISI 1006

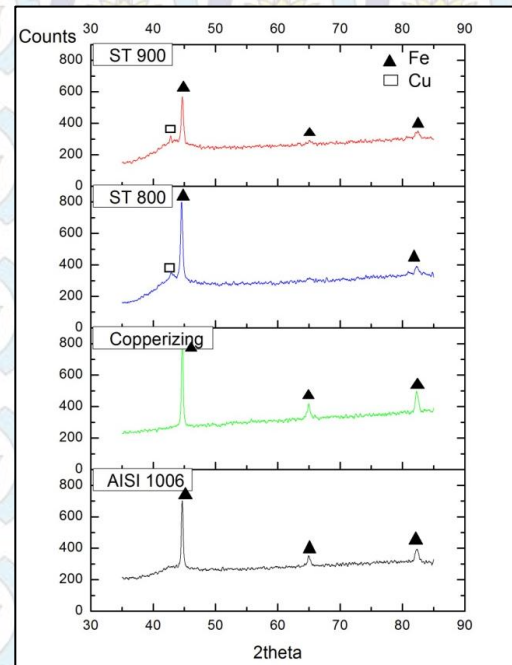
Sampel	2θ ($^\circ$)	Height (cts)	FWHM	ϵ
AISI 1006	44,6563	487,49	0,0836	0,0005
<i>Copperized</i> -AISI 1006	44,6594	585,4	0,2342	0,0041

• Hasil Pengujian XRD Sampel Solution treatment

Hasil XRD dari sampel *solution treatment* dapat dilihat pada Gambar 5. Untuk intensitas tertinggi memiliki kesesuaian dengan kartu PDF 87-0721 yang merupakan milik Fe- α . Intensitas tertinggi ketiga dan keempat juga bersesuaian dengan puncak milik Fe- α . Hal ini sesuai dengan diagram fasa Fe-Cu, dimana dengan kadar Cu yang sangat rendah fasa yang terjadi adalah Fe- α .

Tetapi, pada hasil XRD kedua sampel *solution treatment* terdapat *peak* yang merupakan milik Cu pada sudut $2\theta = 42,9228^\circ$ untuk *solution treatment* 800°C dan $2\theta = 42,7602^\circ$ untuk *solution treatment* 900°C . Puncak ini bersesuaian

dengan kartu PDF 85-1326. Munculnya puncak Cu ini terjadi karena difusi lanjutan dari Cu yang terdapat di permukaan sampel selama proses pemanasan *solution treatment*. Tetapi karena telah melewati batas kelarutan dari Cu di dalam Fe maka Cu yang baru berdifusi tersebut tidak terlarut di dalam larutan padat Fe, tetapi berdifusi ke batas butir. Yourong^[8] juga menyatakan dalam penelitiannya bahwa tembaga dapat berdifusi masuk ke dalam butiran ferit atau batas butirnya.



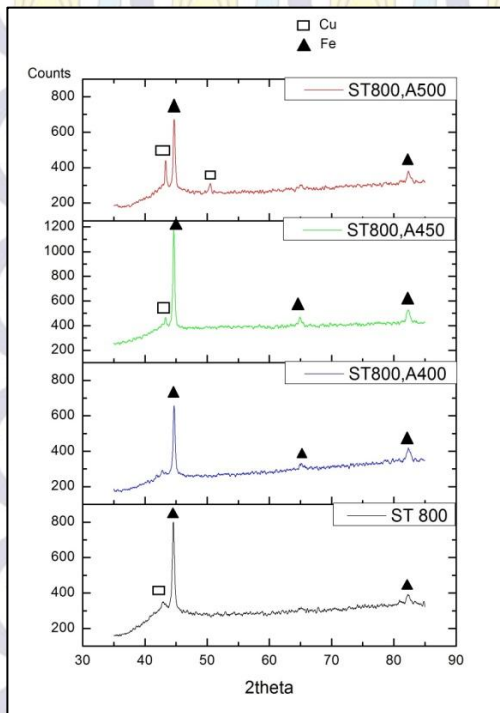
Gambar 5. Hasil XRD Baja AISI 1006, *Copperized*-AISI 1006, dan Sampel *Solution treatment*

• Hasil XRD Sampel Aging

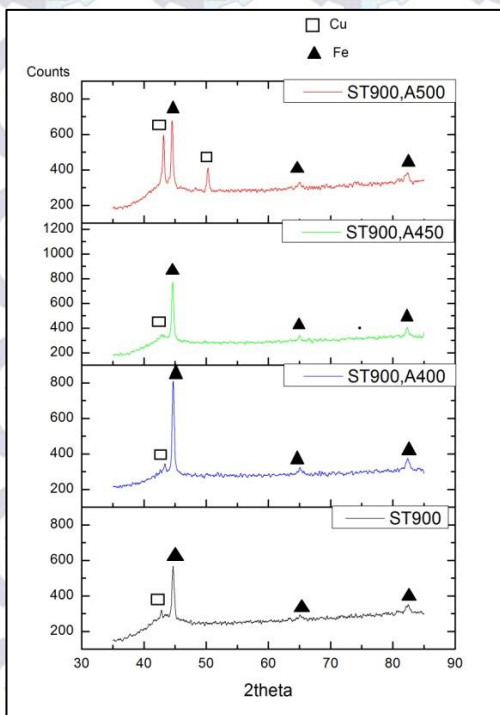
Hasil pengujian XRD dari sampel *aging* yang sebelumnya di-*solution treatment* 800°C dapat dilihat pada Gambar 6. Dari gambar tersebut nampak adanya *peak* yang menunjukkan adanya Cu pada sampel setelah di-*aging*. Tetapi terjadi anomali pada sampel yang di-*aging* 400° , dimana tidak terdapat *peak* Cu seperti pada sampel lainnya. Jika dilihat dari grafiknya, hasil XRD sampel *aging* 400°C juga memiliki puncak pada 2θ sekitar 43° , tetapi karena intensitasnya yang sangat rendah sehingga tidak terdeteksi sebagai salah satu *peak* tertinggi.

Sementara itu hasil pengujian XRD dari sampel *aging* yang sebelumnya di-*solution treatment* 900°C dapat dilihat pada Gambar 7. Dari gambar tersebut nampak adanya *peak* milik Cu pada keseluruhan sampel setelah di-*aging*.

Berdasarkan hasil pengujian XRD sampel setelah di-*aging* diperoleh fasa yang dominan adalah Fe- α . Hal tersebut ditunjukkan oleh *peak* dengan intensitas tertinggi pada semua sampel *aging* memiliki kesesuaian dengan *peak* milik Fe- α pada kartu PDF 87-0721. Hal tersebut juga sesuai dengan diagram fasa Fe-Cu yang menunjukkan bahwa fasa untuk paduan Fe-Cu dengan kadar Cu yang sangat rendah berupa α -ferit.



Gambar 6 Hasil XRD Sampel *Solution treatment* 800°C tanpa Aging dan dengan Aging 400, 450, 500°C

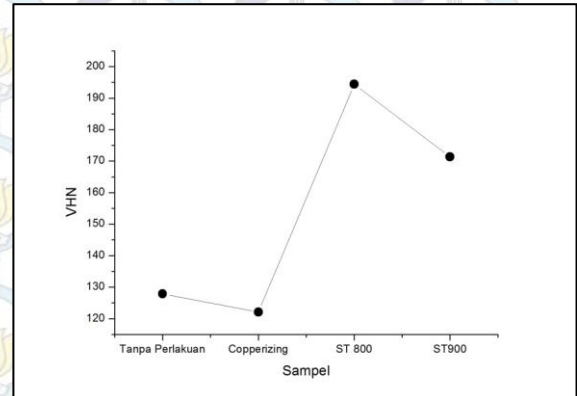


Gambar 7. Hasil XRD Sampel *Solution treatment* 900°C tanpa Aging dan dengan Aging 400, 450, 500°C

D. Hasil Uji Kekerasan

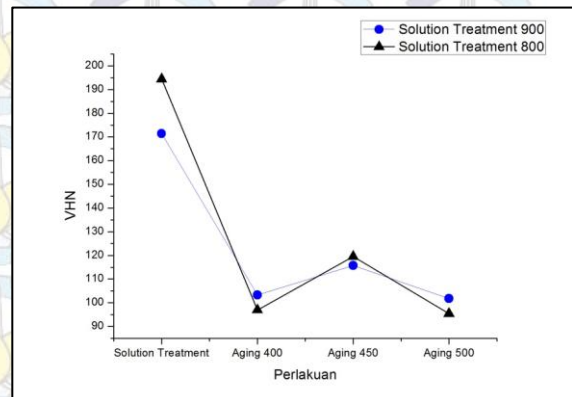
Pengujian kekerasan dilakukan terhadap fasa α -ferit dengan menggunakan metode *microhardness* (microvickers). Hasil pengujian terhadap baja AISI 1006, *copperized*-AISI 1006, dan sampel *solution treatment* dapat dilihat pada Gambar 8. Nilai kekerasan α -ferit mengalami penurunan dari

baja AISI 1006 sebesar 127,87 VHN menjadi 122,25 VHN setelah di-*copperizing*.



Gambar 8. Nilai Kekerasan Baja AISI 1006, *Copperized*-AISI 1006, dan Sampel *Solution treatment*.

Angka kekerasan α -ferit mengalami kenaikan setelah sampel di-*solution treatment*. Dimana sampel yang di-*solution treatment* pada temperatur 800°C memiliki nilai kekerasan sebesar 194,4 VHN dan untuk sampel *solution treatment* 900°C memiliki nilai kekerasan 171,37 VHN. Pengujian kekerasan α -ferit selanjutnya dilakukan terhadap sampel *aging*. Dari hasil pengujian diperoleh penurunan kekerasan dari sampel setelah *solution treatment* dan setelah *aging*. Dari hasil penelitian M. Mujahid, dkk^[9] juga diperoleh nilai kekerasan maksimum untuk baja dengan kadar karbon 0,3% yang di-*aging* pada temperatur 450°C. Meskipun angka kekerasannya lebih tinggi daripada hasil penelitian ini.



Gambar 10. Nilai Kekerasan Sampel Aging

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa

1. Temperatur *solution treatment* dan *aging* tidak berpengaruh terhadap perubahan fasa *copperized*-AISI 1006, dimana fasanya tetap berupa α -ferit.
2. Kenaikan temperatur *solution treatment* berbanding terbalik dengan nilai kekerasan dan temperatur *aging* 450°C menghasilkan nilai kekerasan tertinggi dibanding temperatur *aging* yang lain, yaitu 119,47 VHN dan

115,75 VHN untuk sampel yang sebelumnya di-*solution treatment* 800 dan 900°C.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Habashi, Fathi. 1997. **Handbook of Extractive Metallurgy Vol 2: Primary Metals, Secondary Metals, Light Metals**. Jerman:Wiley-VCH.
- [2] _____. 1992. **ASM Metals Handbook Vol 2 10th Edition: Properties and Selection Non-Ferrous Alloys and Special Purpose Mate**. Ohio: ASM International.
- [3] Takaki, Setuo, dkk. 2004. **Effect of Copper on Tensile Properties and Grain-Refinement of Steel and its Relation to Precipitation Behaviour**. Materials Transactions 45, 7: 2239-2244.
- [4] Suherman, Wahid. 2003. **Ilmu Logam I**. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin, FTI-ITS.
- [5] Sekunowo, Olatunde I, Stephen I. Durowaye, dan Oluwashina P. Gbenebor. 2014. **Effect of Copper on Microstructure and Mechanical Properties of Construction Steel**. International Journal of Chemical, Molecular, Nuclear, Materials and Metallurgical Engineering 8, 8: 839-843.
- [6] Dalimonte, Adha I.H., Sutarsis, Agung Purniawan. 2015. **Pengaruh Waktu Celup Dan Pendinginan Proses Copperising Plain Carbon Steel Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik**. ITS: Surabaya.
- [7] Chaniago, Firstiand Kevin, Sutarsis, Wikan Jatimurti. 2015. **Pengaruh Waktu Celup dan Temperatur Pemanasan Awal Proses Copperizing Plain Carbon Steel terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekaniknya**. ITS: Surabaya.
- [8] Xu, Yourong., dkk. 1993. **Diffusion Behaviour of Fe-Cu Interface of Copper Brazed Double-wall Steel Tubes**. Material Science Technology 9: 279-282.
- [9] Mujahid, M., dkk. 1997. **HSLA-100 Steels: Influence of Aging Heat Treatment on Microstructure and Properties**. Ohio: ASM Internastional.